

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2003年12月24日 (24.12.2003)

PCT

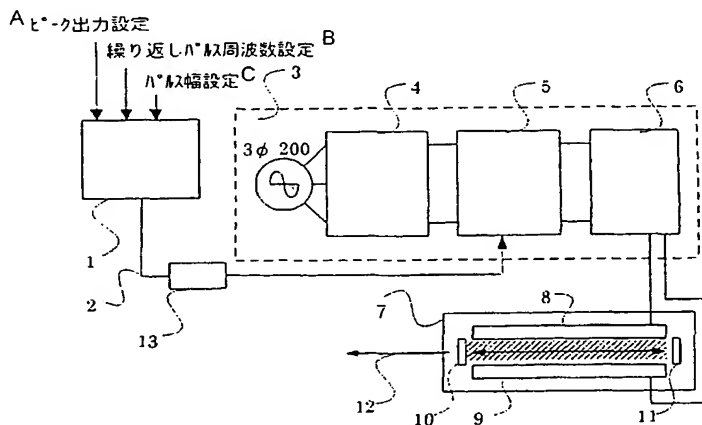
(10) 国際公開番号
WO 03/107496 A1

- (51) 国際特許分類: H01S 3/104, 3/097, B23K 26/00 (72) 発明者; および
(21) 国際出願番号: PCT/JP03/07574 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 城所 仁志 (KI-DOKORO, Hitoshi) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 松原 真人 (MATSUBARA, Masato) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
(22) 国際出願日: 2003年6月13日 (13.06.2003)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ: 特願2002-173679 2002年6月14日 (14.06.2002) JP (74) 代理人: 宮田 金雄, 外 (MIYATA, Kaneo et al.); 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP).
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 三菱電機株式会社 (MITSUBISHI DENKI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒100-8310 東京都千代田区丸の内二丁目2番3号 Tokyo (JP). (81) 指定国 (国内): CN, KR, US.
添付公開書類:
— 国際調査報告書

[続葉有]

(54) Title: LASER BEAM MACHINE AND CONTROL METHOD OF THE MACHINE

(54) 発明の名称: レーザ加工装置及び該加工装置の制御方法



A...PEAK OUTPUT SETTING
B...REPEATED PULSE FREQUENCY SETTING
C...PULSE WIDTH SETTING

(57) Abstract: A laser beam machine oscillating pulse laser includes control means for outputting instruction pulses according to the control parameter setting for controlling the laser pulse output, thinning means for inputting the instruction pulses and thinning pulses of the instruction pulses according to a predetermined set value, power source means for generating pulse power for supply to a load according to the instruction pulses output from the thinning means, and oscillation means for exciting the laser medium filled in the discharge space by discharge generated by the pulse power supplied by the power source means so as to output laser beam. The machine can prevent heating of the power source means attributed to the increase of switching count and significantly change the pulse width at a low cost.

(57) 要約: レーザパルス出力を制御するための制御パラメータ設定に応じて指令パルス群を出力する制御手段と、この指令パルス群を入力し、予め設定された設定値に基づき該指令パルス群のパルスを間引く間引き

[続葉有]

WO 03/107496 A1

明 細 書

レーザ加工装置及び該加工装置の制御方法。

5 技術分野

本発明は、パルスレーザ発振をおこなうレーザ加工装置及び、レーザ発振に必要な放電を発生させるための電力を供給する電源装置の制御方法に関し、電源装置の容量を増やすことなくレーザパルス出力のパルス幅の使用範囲を大幅に拡大して、ガスレーザ加工装置の加工可能範囲を

10 拡大するための技術に関するものである。

背景技術

近年、プリント基板に代表される微細加工用として、出力のパルス幅が $1\mu\text{s}$ から数十 μs 程度のパルス発振をおこなうレーザ加工機の需要

15 が増加し、実用化されてきた。

図9に従来のガスレーザ加工機用パルスレーザ発振器（以下パルスレーザ発振器）の基本構成図を示す。

制御装置1から出力される指令パルス群2によってパルスレーザ発振器用電源装置3（たとえば、三相整流回路4とインバータ回路5と昇圧トランス6等で構成）をコントロールし、その結果、レーザ媒体（混合ガス）で満たされた放電空間7に電力が供給されることによって放電が生じ、放電によって励起されたレーザ媒体が共振器8（電極9と部分反射ミラー10と全反射ミラー11によって構成）によってレーザ光12となって出力される構成となっている。

25 具体的には、制御装置1から指令パルス群2が出力されると、これに対応してインバータ回路5が動作し、三相整流回路4で整流された直流

電力を交流電力に変換して、昇圧トランス 6 により放電に必要な電圧に昇圧される。

ここで、工業用として使用されるガスレーザ加工機（例えば炭酸ガスレーザ加工機）で使用される電源装置では、レーザ媒体を励起する放電を発生させるために供給する交流電力は、一般的には、電極への印加電圧（以下、放電電圧）が数 kV、放電時に流れる電流（以下、放電電流）ピークが十数 A、放電時の交流周波数（以下、放電周波数）はおよそ数百 kHz 以上であり、パルスレーザ発振器の場合、制御装置 1 からの指令パルス群 2 に対応して、図 10 のように、放電空間に供給される交流電力（交流成分の数は、インバータ回路 5 のスイッチング回数 N に等しい）、レーザ出力が出力される。

なお、このように、放電を生じさせるための電力を放電電力と本明細書では定義する。

そして、このようにして出力されたレーザパルス出力の 1 パルス 1 パルスが、加工対象物に照射されて加工がおこなわれる。

次に、指令パルス群 2 を出力する制御装置 1 について詳述する。

プリント基板加工など微細加工用のパルスレーザ加工機では、例えば図 11 に示されるような、パルスレーザ発振器のレーザ出力をコントロールするおもな制御パラメータである、レーザパルス出力のピーク値を示すピーク出力、レーザパルスが出力される周波数を示す繰り返しパルス周波数、レーザパルス出力のパルス幅を示すパルス幅等が設定されている。また、加工する加工物の材料や加工方法によって、ピーク出力×パルス幅で表されるレーザ出力 1 パルスあたりのエネルギー（以下、パルスエネルギー）の最適値が求められており、それにあわせて上記制御パラメータの値がそれぞれ決定される。

なお、これら制御パラメータは、適宜設定可能であり、設定したパラ

メータに応じて指令パルス群 2 が出力される。

制御装置 1 では、これら制御パラメータにより加工に必要なレーザパルス出力が得られるように指令パルス群 2 を出力するよう加工機のシステムが設計されている。

- 5 電源装置 3 では、加工に必要なレーザパルスエネルギーを得るため、制御装置 1 で設定された制御パラメータに基づき出力された指令パルス群 2 により、ピーク出力を制御するために放電電力のピークをコントロールし、繰り返しパルス周波数をコントロールし、パルス幅を制御するためにインバータ回路 5 のスイッチング回数（以下、スイッチング回数）
- 10 の増減をコントロールする。

- ここで、放電電力のピークは、おもに電極 9 に印加する放電電圧と、電極間に生じる放電によって流れる放電電流のピークによって決定されることから、放電電力のピークを制御するために、放電電圧を制御したり、例えば、PWM 制御によってインバータ回路 5 をコントロールする
- 15 ことで放電電流ピークを制御する方法が用いられる。

繰り返しパルス周波数は、一秒間あたりに照射するレーザパルスの数であり、制御装置から出力される指令パルス群の一秒間あたりの数である。

- ここで、繰り返しパルス周波数は、先に述べた放電周波数（すなわち、
- 20 インバータ回路 5 のスイッチング周波数）に対して十分小さく、たとえば放電周波数が先に述べたとおり数百 kHz 以上であるのに対して、繰り返しパルス周波数は最大でも数 kHz 程度であることが一般的である。

- パルス幅は、指令パルス群 1 つに対応してインバータ回路によって出力される放電電力のパルス群のパルス数によって決定する。たとえば図
- 25 10 のようにパルス幅 t のレーザパルス出力に対して、パルス幅を 2 倍（ $2t$ ）に伸ばしたい場合、図 12 のようにインバータ回路のスイッチ

ング回数 N を 2 倍 ($2N$) にすることでレーザパルス幅が 2 倍 ($2t$) となる。

次に、パルスレーザ発振器から出力されるパルスレーザのピーク出力とパルス幅の関係を図 13 に示す。

- 5 なお、ピーク出力×パルス幅で表される面積がパルスエネルギーを示している。

レーザ発振器の共振器部分を構成する全反射ミラーと部分反射ミラー (図 9) の耐光強度の仕様によってパルスエネルギーの上限が決まっている。

- 10 そのため、例えば、ピーク出力 p_1 、パルス幅 t_1 のパルスエネルギー ($= p_1 \times t_1$) が、ミラーの耐光強度の仕様によるエネルギーの上限の場合、パルス幅を t_1 から t_2 ($t_1 < t_2$) に広げようとするとき、ピーク出力 p_1 を一定のままパルス幅を t_1 から t_2 に伸ばすと、
15 レーザ出力 1 パルス当たりのエネルギー ($= p_1 \times t_2$) がミラーの耐光強度限界を超えてしまい、ミラーの焼損を引き起こす可能性があることから、単純にパルス幅を伸ばすことができず、このような場合はピーク出力を p_1 から p_2 に下げる必要がある ($p_1 \times t_1 \geq p_2 \times t_2$)。

- 20 このようにピーク出力を変化させる場合、電極に印加する放電電圧を変化させる方法が一般的であるが、放電電圧や放電電流が電源装置の定格に対して大きくなると、電源装置に対する負荷が大きくなり、逆に放電電圧が小さくなると、放電が不安定 (放電発生が困難) となるため、通常、印加電圧の変化幅は定格電圧の約 1 割程度である。

- 25 現在、レーザ加工機による微細加工における加工材料や加工の種類も多様化しており、ポリイミド系樹脂のようにレーザ照射時間が短い (すなわち、パルス幅が小さい) 方が良質な加工が得られるものや、ガラス繊維を含むガラスエポキシ材のように比較的レーザ照射時間が長い (す

なわち、パルス幅が長い) 方が良質な加工が得られる場合があるため、パルス幅を大幅に変化させることのできるパルスレーザ加工機が切望されている。

しかしながら、従来のガスレーザ加工機用電源装置の制御方法は、印
5 加電圧の変化幅が少ないことから、ミラーの耐光強度限界を超えずに効率よく放電を発生させるにはパルス幅の変化を制限しなければならず、大幅にパルス幅を変化させる(たとえば、 $1\mu\text{s}$ 以下から数百 μs への変化)ことが困難であった。

10 なお、耐光強度限界の高いミラーを用いることはその費用対効果の面から有効でないことは明らかである。

また、パルス幅のコントロールについて、電源装置3におけるインバータ回路5のスイッチング回数をNとするとき、図10、図12からもわかるように、レーザ出力のパルス幅 t は、

$$t \propto N$$

15 で表され、パルス幅を増加させるためには、スイッチング回数Nを増加させる必要がある。

しかしながら、スイッチング回数Nを増加させると、それに比例して電源装置に使用している半導体素子のスイッチング損失が増加し、結果、電源装置の発熱が増加してしまう問題が生じる。

20 この場合、電源装置の冷却機構の増設や、素子や回路の並列数を増やす等の電源装置自体の容量を増やす必要があり、その結果、装置自体の構成が大型のものにならざるを得ず、コスト面はもちろん、機械の設置スペース面からも不利なものとなる。

25 発明の開示

本発明は、係る課題を解決するためになされたものであり、パルスレ

ーザ発振をおこなうレーザ加工機において、スイッチング回数の増加による電源装置の発熱を避けつつ安価にパルス幅を大きく変化させることができるレーザ加工装置及びその制御方法を提供するものである。

本発明に係るレーザ加工装置は、レーザパルス出力を制御するための
5 制御パラメータ設定に応じて指令パルス群を出力する制御手段と、この指令パルス群を入力し、予め設定された設定値に基づき該指令パルス群のパルスを間引く間引き手段と、この間引き手段から出力される指令パルス群に応じて負荷に供給するパルス電力を発生させる電源手段と、この電源手段より供給されたパルス電力により発生した放電によって、放
10 電空間に満たされたレーザ媒体を励起させてレーザ光を出力させる発振器手段と、を備えたものである。

また、間引き手段による指令パルス群の規則的な間引きにより、電源手段におけるインバータ回路のスイッチング回数を変更するものである。

また、インバータ回路のスイッチング周期を、放電電力の立上り立下
15 り時定数及びレーザ出力の立下り時定数より早く設定するものである。

さらに、切り替え手段を備え、間引き手段による制御手段から出力される指令パルス群の間引きを設定するものである。

また、本発明に係るレーザ加工装置の制御方法は、レーザパルス出力を制御するための制御パラメータ設定に応じて指令パルス群を出力し、
20 この指令パルス群に応じて負荷に供給するパルス電力を発生させ、前記パルス電力により発生した放電によって、放電空間に満たされたレーザ媒体を励起させてレーザ光を出力するレーザ加工装置の制御方法において、前記指令パルス群を規則的に間引くことにより、前記パルス電力を発生させる電源手段におけるインバータ回路のスイッチング回数を変更
25 するものである。

本発明によれば、放電発生に十分な放電電圧を保ったまま、レーザパ

ルス幅を大幅に伸ばすことができる

また、スイッチング回数の増加による電源装置の発熱を避けつつ安価にパルス幅を大きく変化させることができる。

また、加工条件に応じて切り替えることによって加工可能範囲を従来
5 よりも拡大することができる。

図面の簡単な説明

第1図は、本発明の実施例に基づくパルスレーザ発振器の基本構成図である。

10 第2図は、本発明の実施例に基づくパルスレーザ発振器の、パルス幅指令2つの場合の制御装置からの指令パルス群出力波形と、それに対応する放電電力波形と、それに対応するレーザパルス出力波形図である。基本構成図である。

第3図は、本発明の実施例に基づく、間引き手段を構成する間引き回路の回路構成例の図である。
15

第4図は、本発明の実施例に基づく、間引きパルスの数を切替える機能を有する場合の間引き手段を構成する間引き回路の回路構成例の図である。

第5図は、電源装置のスイッチング周期と放電電力の立上がり時定数の関係に基づく放電電力波形とレーザパルス出力波形図である。
20

第6図は、電源装置のスイッチング周期と放電電力の立上がり時定数の関係に基づく放電電力波形である。

第7図は、電源装置のスイッチング周期と放電電力の立上がり時定数の関係に基づく放電電力波形とレーザパルス出力波形図である。

25 第8図は、本発明の実施例に基づく制御装置設定画面とその結果出力される指令パルス群である。

第 9 図は、従来のパルスレーザ発振器の基本構成図である。

第 10 図は、従来における、パルス幅指令 m の場合の制御装置からの指令パルス群出力波形と、それに対応する放電電力波形と、それに対応するレーザパルス出力波形図である。

- 5 第 11 図は、従来の制御装置の設定画面例と、その結果出力されるピーク出力指令と指令パルス群波形図である。

第 12 図は、従来における、パルス幅指令 $2m$ の場合の制御装置からの指令パルス群出力波形と、それに対応する放電電力波形と、それに対応するレーザパルス出力波形図である。

- 10 第 13 図は、パルスレーザ発振器におけるパルス幅とレーザピーク出力との関係を示した図である。

発明を実施するための最良の形態

実施の形態 1.

- 15 図 1 は、本発明の実施の形態を示す基本構成図である。

図において、1 はピーク出力設定、繰り返しパルス周波数設定、パルス幅設定の制御パラメータに基づき、指令パルス群 2 を出力することによりレーザ発振を制御する制御装置、3 は三相整流回路 4 とインバータ回路 5 と昇圧トランス 6 等で構成されるパルスレーザ発振器用電源装置、

- 20 4 は商用の三相電源をサイリスタ等を用いて全波整流することによって直流に変換する三相整流回路、5 はレーザ出力を得るために必要な放電を発生させるために高周波の交流に変換するインバータ回路、6 は放電可能な電圧に昇圧する昇圧トランス、7 はレーザ媒体（混合ガス）で満たされた放電空間、8 は電極 9 と部分反射ミラー 10 と全反射ミラー 11
25 によって構成される共振器、12 は出力されるレーザ光、13 はパルス幅指令に応じて出力された指令パルス群 2 から所定量のパルスの間引く

間引き手段を構成する間引き回路である。

次に、全体の概略動作について説明する。

制御装置 1 で設定されたパルス幅指令に応じて出力された指令パルス群 2 は、間引き回路 1 3 に入力され、所定量パルスを間引き回路 1 3 によって間引きを行われ、電源装置 3 に送られる。

そして、間引かれた指令パルス群により、インバータ回路 5 が動作し、三相整流回路 4 で整流された直流電力を交流電力に変換して、昇圧トランス 6 により放電に必要な電圧に昇圧することにより供給電力をコントロールし、その結果、レーザ媒体で満たされた放電空間 7 に電力が供給されることによって放電が生じ、放電によって励起されたレーザ媒体が共振器 8 によってレーザ光 1 2 となって出力され、出力されたレーザパルス出力の 1 パルス 1 パルスが、加工対象物に照射されて加工がおこなわれる。

次に、間引き回路 1 3 について詳述する。

本実施の形態では、従来の課題を解決すべく、スイッチング回数を増やさずにパルス幅を大幅に増やすため、図 2 に示すように供給するパルス電力の交流成分を一定数一定間隔で間引くものである。

例えば、スイッチング回数 N でパルス幅 t のパルスについて、パルス幅を 2 倍に増やす場合を考えると、通常はパルス幅 2 倍であるから、スイッチング回数 N も 2 倍となる（図 1 0、図 1 2 参照）。

しかし、図 1 2 のように、制御装置 1 よりスイッチング回数 $2N$ で出力された指令パルス群 2 を、例えば 1 パルスおきに 1 パルスずつパルスを間引くことにより、インバータ回路 5 のスイッチング回数は N のままパルス幅を 2 倍にすることができる。

この間引き回路 1 3 は、図 3 の如くフリップフロップおよびカウンタ回路から成る一般的な論理回路により構成される。

制御装置 1 より出力された指令パルス群 2 が間引き回路 1 3 の VIN より入力されることによって、間引きをおこなったパルス信号が VOUT から出力される。

指令パルス群 2 に対応して間引き回路 1 3 より出力された間引きパルスが、インバータ回路 5 に入力されることによって、インバータ回路 5 によって発生する電源装置から供給されるパルス電力の交流成分も間引かれた状態で出力される。

なお、例ではパルスを 1 つおきに間引く回路を挙げているが、後述のようにパルスを間引く間隔によって放電電流ピークおよびピーク出力が変化するため、レーザ発振器を構成する共振器ミラーが許容するパルスエネルギーなどを考慮して、何パルスおきにパルスを間引くかを決定する。

次に、使用するパルス幅に応じて、間引き数を切り替える機能を備える場合の回路例を図 4 に示す。

図 4 では、使用するパルス幅によって 2 つのモードを設け（たとえば、間引きをおこなわない場合をショートモード、2 パルス毎に 1 パルス間引く場合をロングモードと設定）、パルス幅の設定によって自動的に制御装置 1 がどのモードかを識別して、制御装置 1 がモードセレクト信号を出力することによりパルスの間引き数を切り替えてパルス信号を VOUT から出力する構成となっている。

ここで、モードセレクト信号とは、制御装置 1 に設定されたパルス幅の値によって制御装置 1 から間引き回路 1 3 中のマルチプレクサ 1 4 へ出力される論理信号（HあるいはL）であり、例えば、制御装置 1 へのパルス幅設定が $1 \sim 20 \mu s$ の場合はショートモード（間引きを行わない）とし、モードセレクト信号は論理 L が制御装置 1 から間引き回路 1 3 へ出力され、その結果、マルチプレクサ 1 4 によって入力信号（=指

令パルス群 2) が選択され、間引き回路 13 からインバータ回路 5 へ出力される。

これに対し、パルス幅設定が $20\mu\text{s} \sim 40\mu\text{s}$ の場合はロングモード (2パルス毎に 1パルス間引く) として、モードセレクト信号は論理 H
5 が制御装置 1 から間引き回路 13 へ出力され、その結果、マルチプレクサ 14 によって間引かれた結果の指令パルス群が選択され、間引き回路 13 からインバータ回路 5 へ出力される。

このようにして、間引かれた状態のパルス電力を発振器部分に供給することによって、スイッチング回数 N を増加させることなくレーザパルス
10 出力のパルス幅を大幅に拡大することができる。

そのため、電源装置 3 の容量を増やす必要もなく、また、電源装置に使用している半導体素子のスイッチング損失の点からも電源装置の発熱の増加を防止でき、装置自体の構成を小型化し、コスト面はもちろん、機械の設置スペース面からも有利となる。

15 ただし、このようにパルスの間引きによってパルス幅の制御を実施する場合、電源装置 3 のスイッチング周期が、放電電力の立上り立下り時定数及びレーザ出力の立下り時定数よりも早く設定されていることが必要である。

ここで、放電電力の立上がり時定数とは、放電電力が所望のピーク値
20 に達するまでに要する立上り時間をさし、放電電力の立下り時定数とは、放電電力がピーク値から電力 0 になるまでに要する立下り時間をさす。また、レーザ出力の立下り時定数とは、ピーク値からレーザ出力 0 になるまでに要する立下り時間をさす。

放電電力の立上り立下り時定数よりも電源装置のスイッチング周期が
25 早く設定されていなければならないのは、以下の理由による。

例えば、図 5 のように電源装置のスイッチングによって放電電力が完

全に立ち上がるまで4回のスイッチングを要するとなると、最初のスイッチングによって立ち上がる放電電力 $P_0(t=t_1)$ は、放電電力のピーク P よりも小さく ($P_0(t=t_1) < P$)、2番目のスイッチングを間引くことによって、3番目のスイッチングで立ち上がる放電電力は、本来、間
5 引きを行わない場合の放電電力のピーク $P_0(t=t_3)$ よりも小さく $P_1(t=t_3)$ となる ($P_1(t=t_3) < P_0(t=t_3)$)。

この関係は、3番目のスイッチング時 ($t=t_3$) の放電電流ピークに限らず、放電中全般において成り立つ ($P_1(t) < P_0(t)$ 、 $t=t_1$ 除く)。

10 同様に、最初のスイッチング後、2番目、3番目の2つのパルスの間引き、4番目を残し5番目、6番目を間引くというように全体の2/3のパルスを間引く場合 (図6(a)参照) を考えると、7番目のスイッチングで立ち上がる放電電力ピーク $P_2(t=t_7)$ は、1つおきにパルスを間引いた場合の放電電力ピーク $P_1(t=t_7)$ よりも小さくなり ($P_2(t=t_7) < P_1(t=t_7)$)、放電中全般において $P_2(t) < P_1(t)$ ($t=t_1$ 除く) が成り立つ。
15

以下、3つ以上連続でパルスを間引く場合も同様の考え方が適用される。

ただし、放電電力のピークの最小値は、最初のスイッチングで得られる放電電力ピーク $P_0(t=t_1)$ であり、 $P_n(t) = P_0(t=t_1)$ となる間
20 引きパルス数 n が間引きパルス数の限界値である。

また、2回のスイッチング後1パルス分を間引く場合 (図6(b)参照) も、上記と同様の考え方が適用される。

2回の通常スイッチング後、3番目のスイッチングを間引くことで4
25 番目、5番目のスイッチングで立ち上がる放電電力ピーク $P_3(t=t_4)$ 、 $P_3(t=t_5)$ は、本来、間引きを行わない場合の放電電力のピーク $P_0(t$

= t_4), $P_0(t=t_5)$ よりも小さくなるが、2回連続でスイッチングした分だけ放電電力ピークは1つおきにパルスの間引いた場合の放電電力ピーク $P_1(t=t_5)$ よりも大きくなる。

同様に、3回以上のスイッチング後、パルスの間引く場合も同様の考
5 え方が適用される。

すなわち、一般に、パルスの間隔 (= 間引きパルス数) を多くするほど放電電力ピークが小さくなり、逆に、連続するパルスが多いほど放電電力ピークが大きくなる。ただし、いずれの間引き方法の場合も、間引きを行わない場合の放電電力ピーク $P_0(t)$ よりも放電電力ピークは小
10 さくなり、放電電力ピークが抑制される効果を得ることができる。

これは、レーザパルス出力は放電電力に略比例するため、放電電力の交流成分を間引くことによって、レーザパルス出力エネルギーのピークが抑制されたことを意味し、先述した問題、すなわち、レーザパルス幅を拡大することによってレーザパルス出力エネルギーが増大し、共振器
15 ミラーの耐光強度限界を超えてしまう問題に対して非常に有効である。

また、レーザパルス出力の立下り時定数よりも、電源装置のスイッチング周期を早く設定することによって、図7のように、レーザパルス出力が立ち下がり切る前につぎのスイッチングを実施するため、レーザパルス出力は途中で下がりきることなく、連続した1つのパルスとして出
20 力される。

これにより、レーザパルス出力のパルス幅を拡大する効果を得る。

一例をあげるならば、放電電力の立上り立下り時定数が $2\mu\text{s}$ 程度、レーザ出力の立下り時定数が $5\mu\text{s}$ 程度であれば、スイッチング周波数を 2MHz 以上 (スイッチング周期 $0.5\mu\text{s}$ 以下) に設定すればよい。

25 なお、パルス幅の設定数値が大きいときにパルス幅の指令に応じて指令パルス群を間引く方法について、間引き回路13によるハードウェア

にてパルスを間引く回路を示しているが、入力されるパルスに対して、決められた数の間引き処理を制御装置内で処理（すなわち、ソフトウェアにて処理）して間引きをおこなった結果の指令パルス群として出力してもよく、とくに方法を本発明に示した方法に限定するものではない。

- 5 また、間引くパルス数および割合については、所望のパルス幅やレーザパルス出力エネルギーの大きさ、あるいは電源装置のスイッチング回数の限界（すなわち、電源装置の発熱量の限界）に応じて決定するため、一様ではなく、例に挙げたものに限定しない。

- 10 次に、実際のレーザ出力をコントロールするために設定する制御パラメータの設定画面例を図8に示す。

図8では、設定するパルス幅に応じて指令パルスを間引く設定を変化させるため、間引き数を設定するパルス幅モードの項目を設けて、設定するパルス幅に応じて間引きを行わないショートモード或いは間引きを行うロングモードを設定する。

- 15 これに応じて、先述のモードセレクト信号が制御装置から間引き回路へ出力され、指令パルス群に対して間引きをおこなうか、おこなわないかが選択される。

- 20 なお、それらモードの切り替えは、先述の通り、設定されたパルス幅によって制御装置1が自動的に切り替えても良いため、必ずしも設定項目としても受ける必要はない。

本構成の場合、制御装置から出力される指令パルス群の間引きの有無によって自動的に供給電力のピーク出力が増減するため、ピーク出力の設定は一定値でもよいので、ピーク出力の設定項目は必ずしも必要ではない。

- 25 ただし、放電電圧の増減等によってレーザパルス出力エネルギーを微調整する場合はこの限りではない。

本実施の形態によれば、制御装置から出力された指令パルス群によって電源装置より供給されるパルス電力の交流成分を一定数一定間隔で間引くことによって、スイッチング回数を増やすことなく、使用できるレーザ出力のパルス幅を大幅に伸ばすことができる。

- 5 また、レーザパルス出力のピーク出力とパルス幅を同時にコントロールできるようにすることでパルスレーザ発振器の制御が従来よりも容易となる効果を奏する。

- 10 また、制御装置から出力された指令パルス群によって電源装置より供給されるパルス電力の交流成分を間引く数を切り替える機能を付加することによって、従来と同じ電源容量にて、パルスレーザ発振器の使用範囲を従来よりも拡大することができる効果を奏する。

- 15 また、約 $1\ \mu\text{s}$ から数十 μs で使用する場合と、供給するパルス電力の交流成分を一定数一定間隔でパルスを間引くことによってスイッチング回数を増やすことなく数十 μs から数百 μs までパルス幅を伸ばして使用する場合とを、加工条件に応じて切り替えることができる装置を備えることによって加工可能範囲を従来よりも拡大することができる。

産業上の利用可能性

- 20 以上のように、この発明に係るレーザ加工装置およびその制御方法は、特に微細加工に用いられるのに適している。

請 求 の 範 囲

1. レーザパルス出力を制御するための制御パラメータ設定に応じて指令パルス群を出力する制御手段と、

5 この指令パルス群を入力し、予め設定された設定値に基づき該指令パルス群のパルスを間引く間引き手段と、

この間引き手段から出力される指令パルス群に応じて負荷に供給するパルス電力を発生させる電源手段と、

10 この電源手段より供給されたパルス電力により発生した放電によって、放電空間に満たされたレーザ媒体を励起させてレーザ光を出力させる発振器手段と、
を備えたレーザ加工装置。

2. 間引き手段による指令パルス群の規則的な間引きにより、電源手段におけるインバータ回路のスイッチング回数を変更することを特徴とする請求項1に記載のレーザ加工装置。

3. インバータ回路のスイッチング周期を、放電電力の立上り立下り時定数及びレーザ出力の立下り時定数より早く設定することを特徴とする請求項2に記載のレーザ加工装置。

4. 切り替え手段を備え、間引き手段による制御手段から出力される指令パルス群の間引きを設定することを特徴とする請求項1乃至3何れかに記載のレーザ加工装置。

5. レーザパルス出力を制御するための制御パラメータ設定に応じて

指令パルス群を出力し、この指令パルス群に応じて負荷に供給するパルス電力を発生させ、前記パルス電力により発生した放電によって、放電空間に満たされたレーザ媒体を励起させてレーザ光を出力するレーザ加工装置の制御方法において、

- 5 前記指令パルス群を規則的に間引くことにより、前記パルス電力を発生させる電源手段におけるインバータ回路のスイッチング回数を変更することを特徴とするレーザ加工装置の制御方法。

10

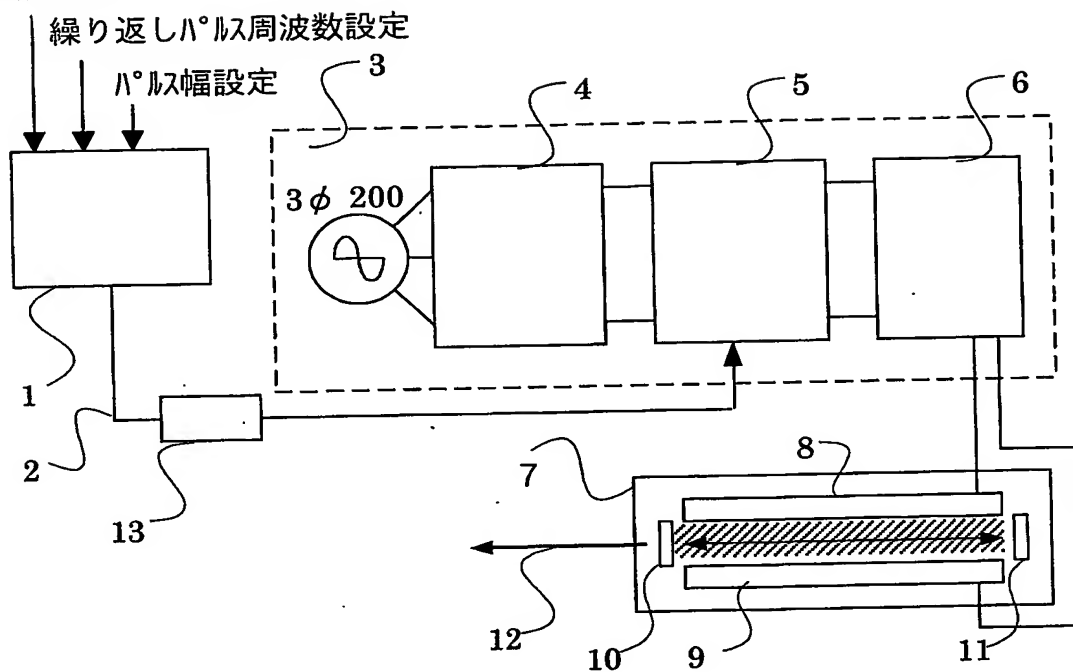
15

20

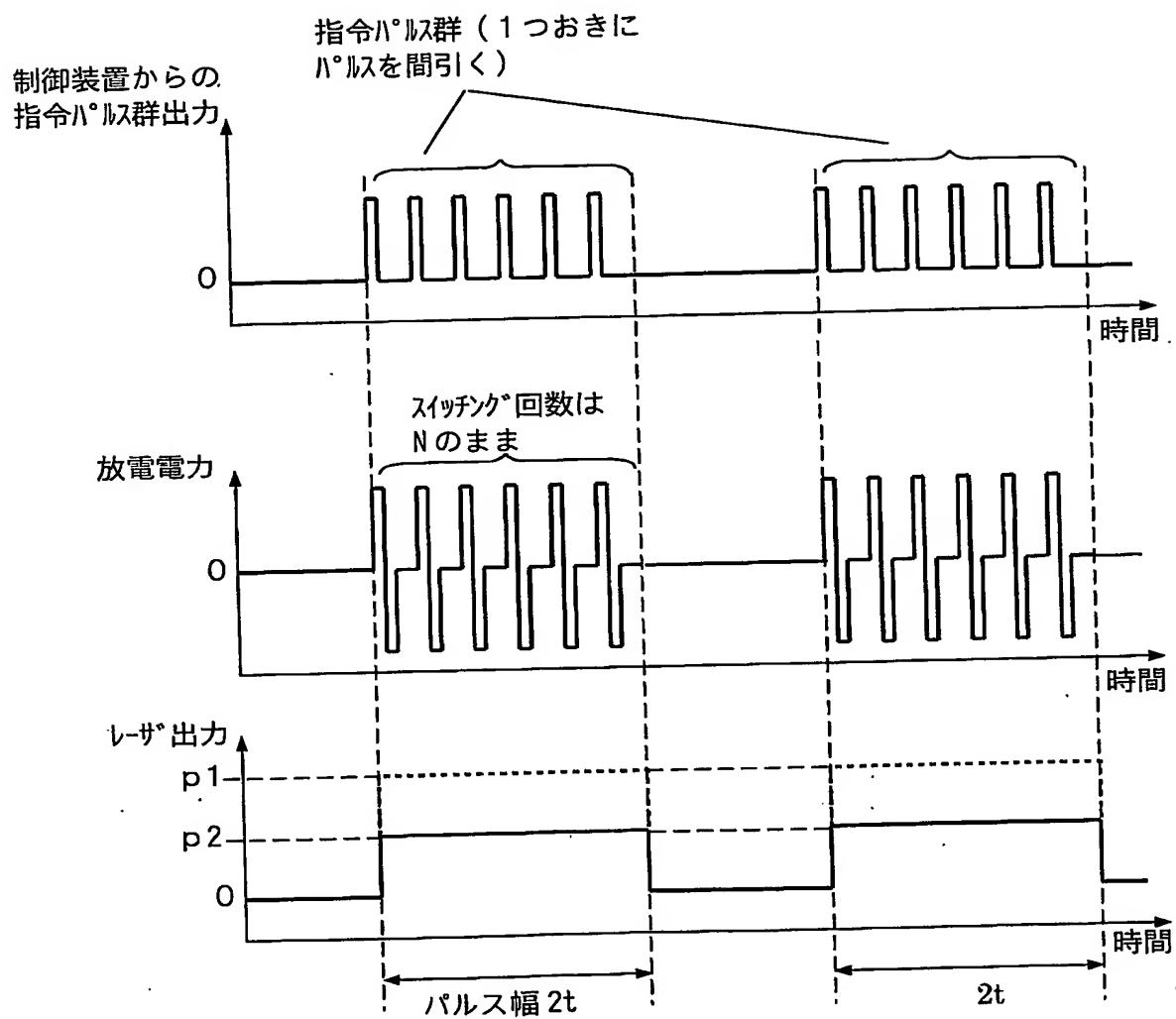
25

第1図

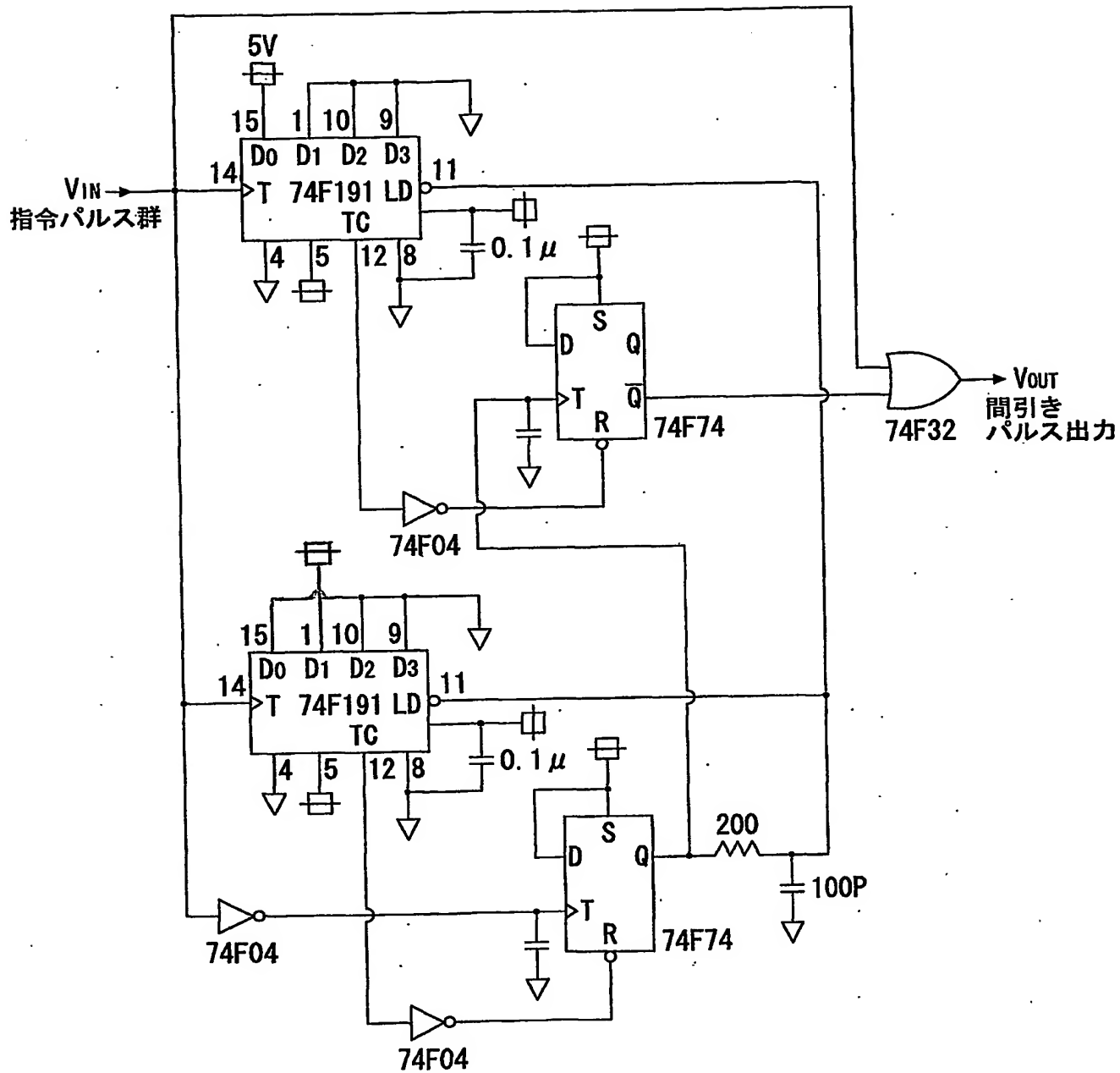
ピーク出力設定



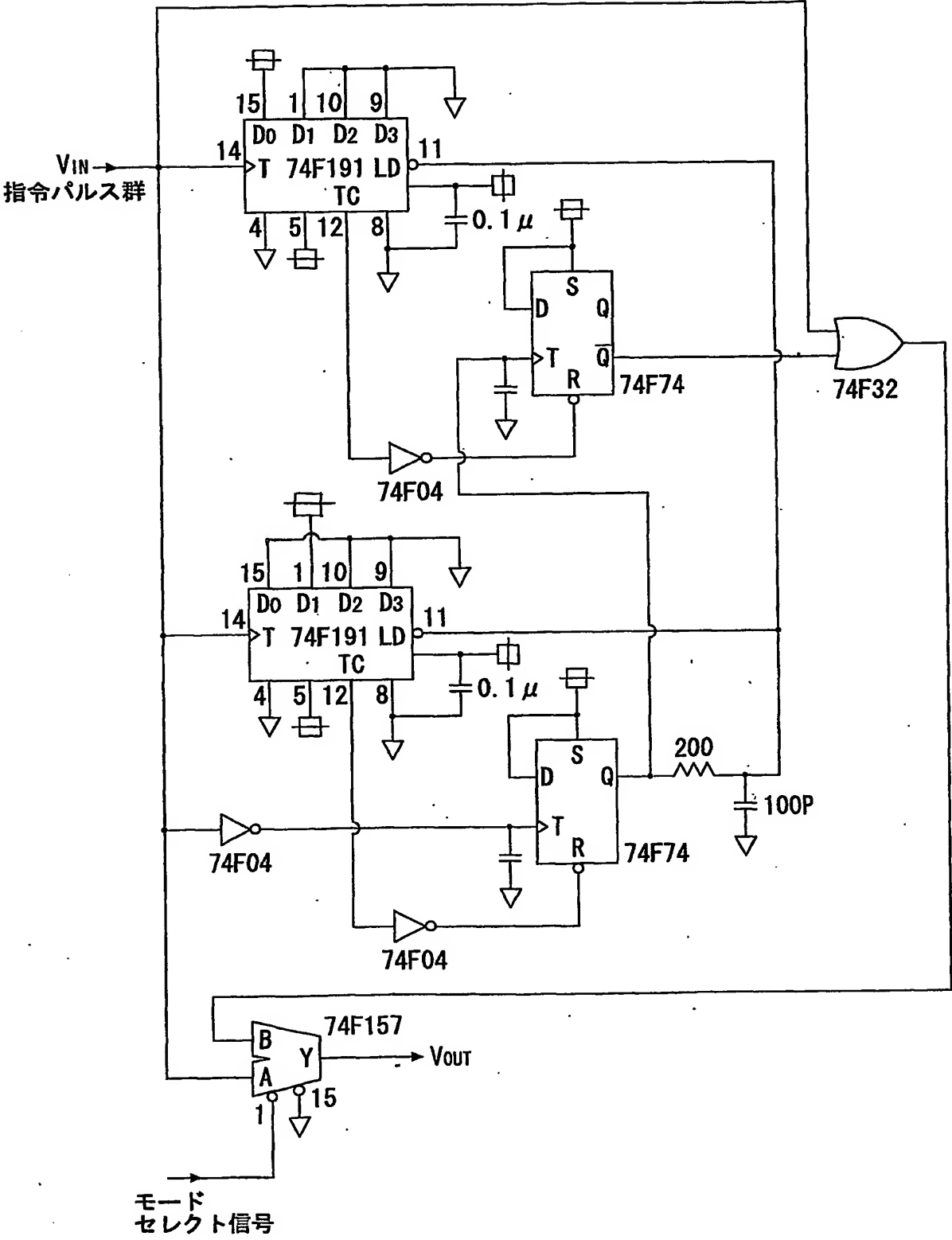
第2図



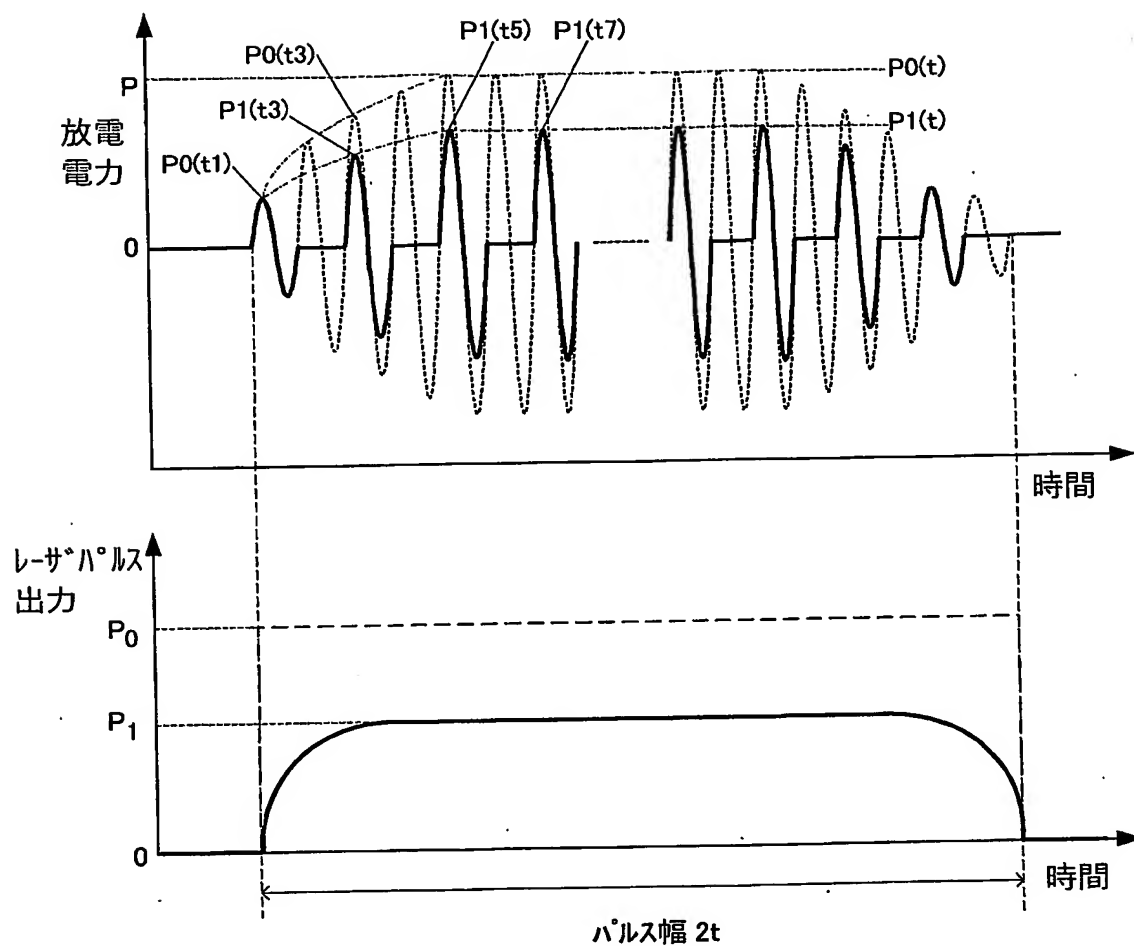
第3図



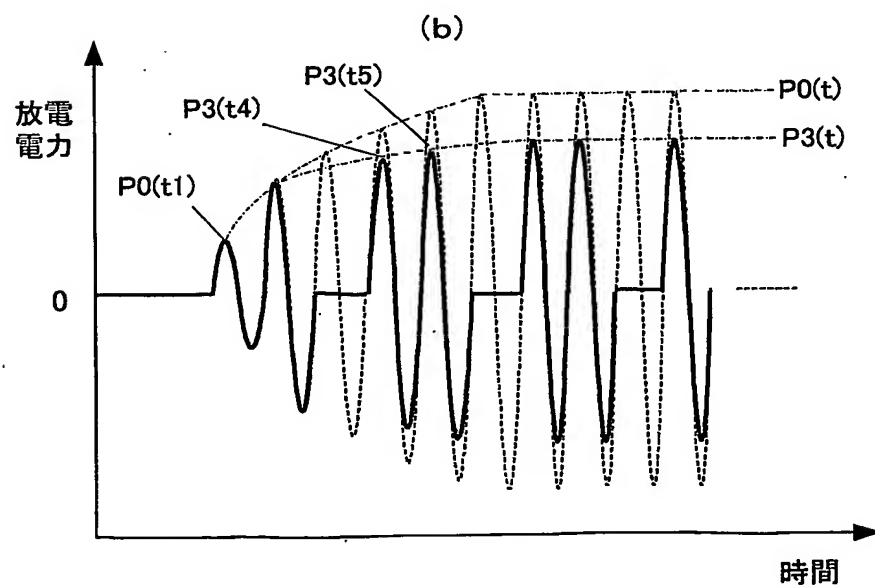
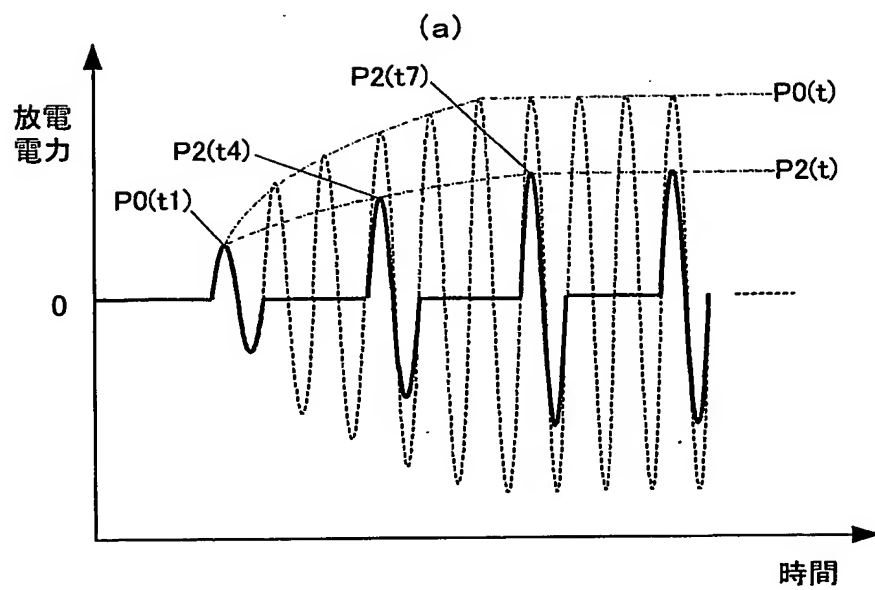
第4図



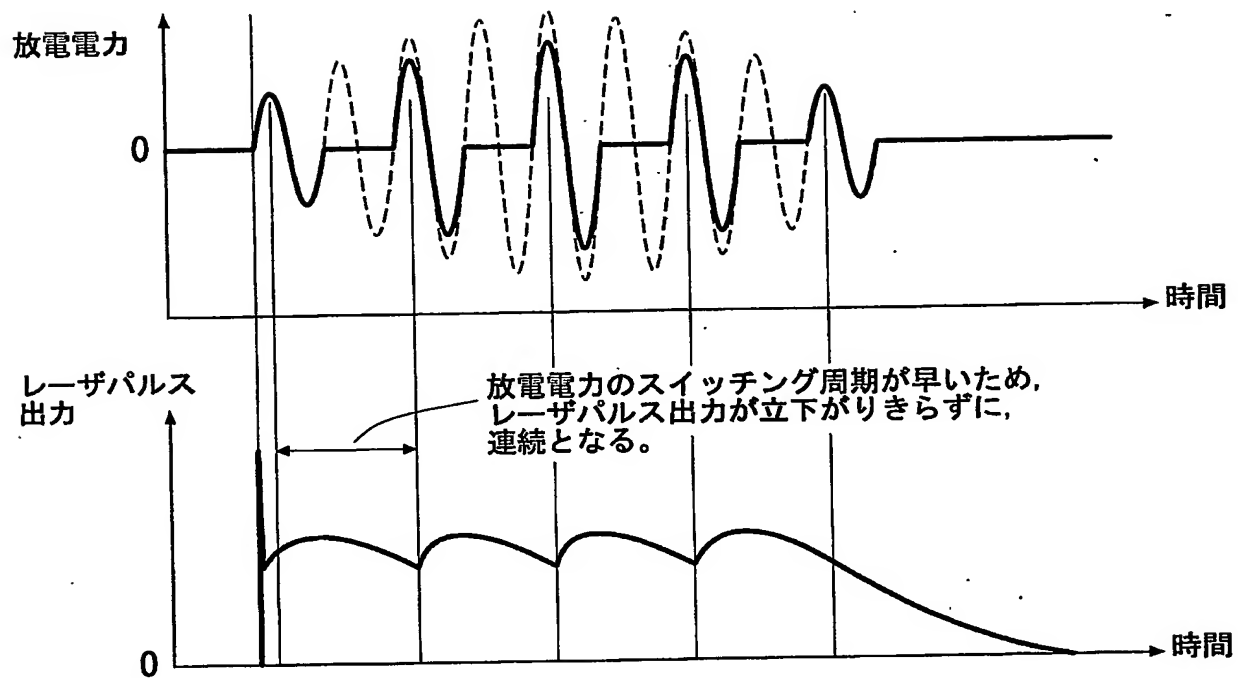
第5図



第 6 図



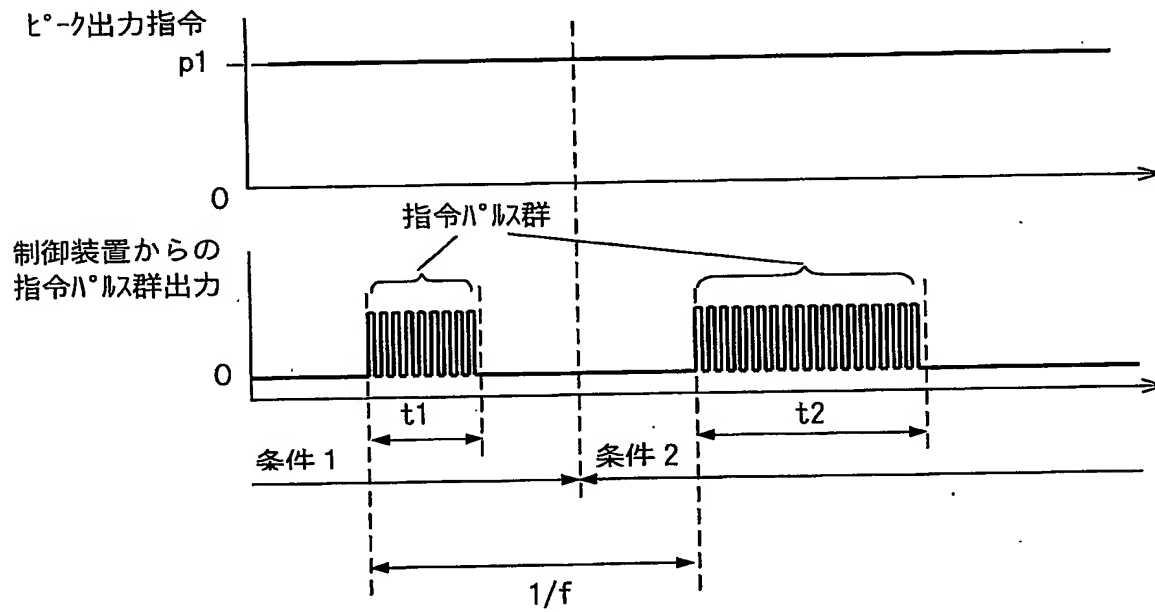
第7図



第8図

制御パラメータ設定例

	ピーク出力	繰り返しパルス周波数	パルス幅	パルス幅モード (間引き数設定)
条件 1	p1	f	t1	ショートモード
条件 2	p1	f	t2	ロングモード

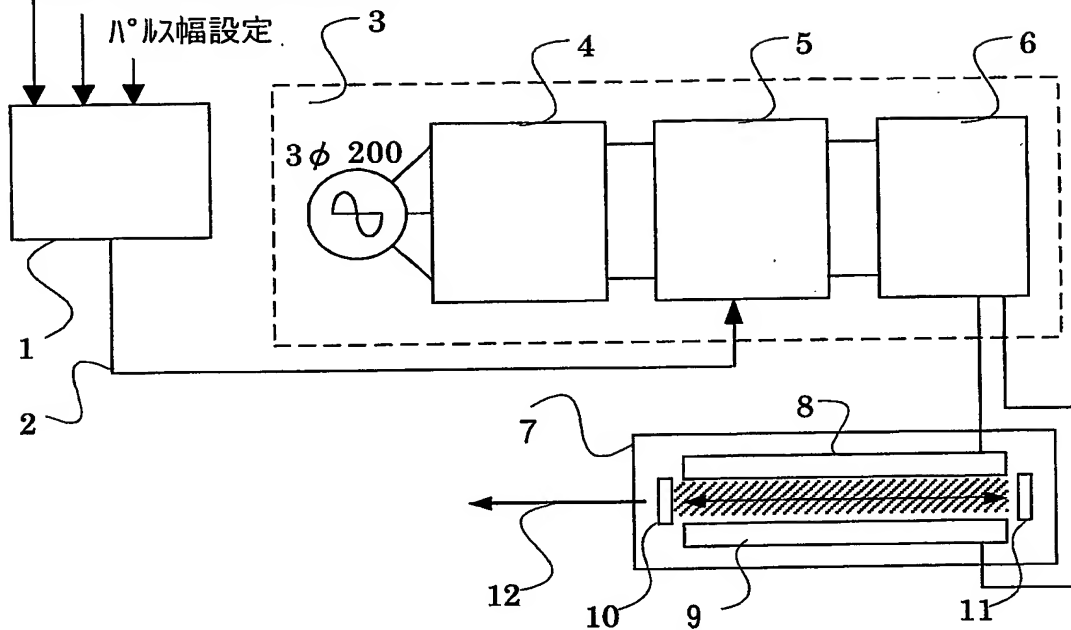


第9図

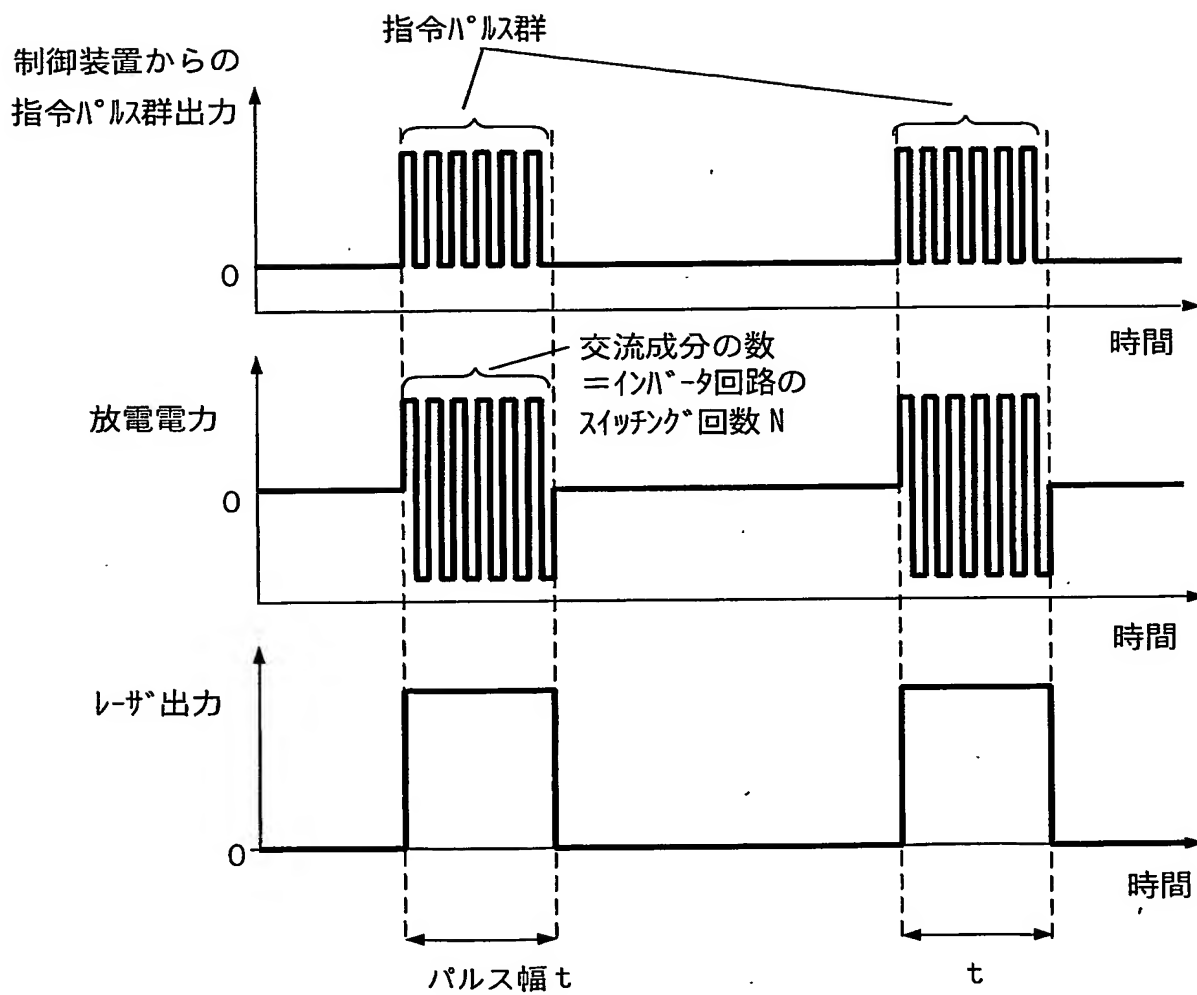
ピーク出力設定

繰り返しパルス周波数設定

パルス幅設定



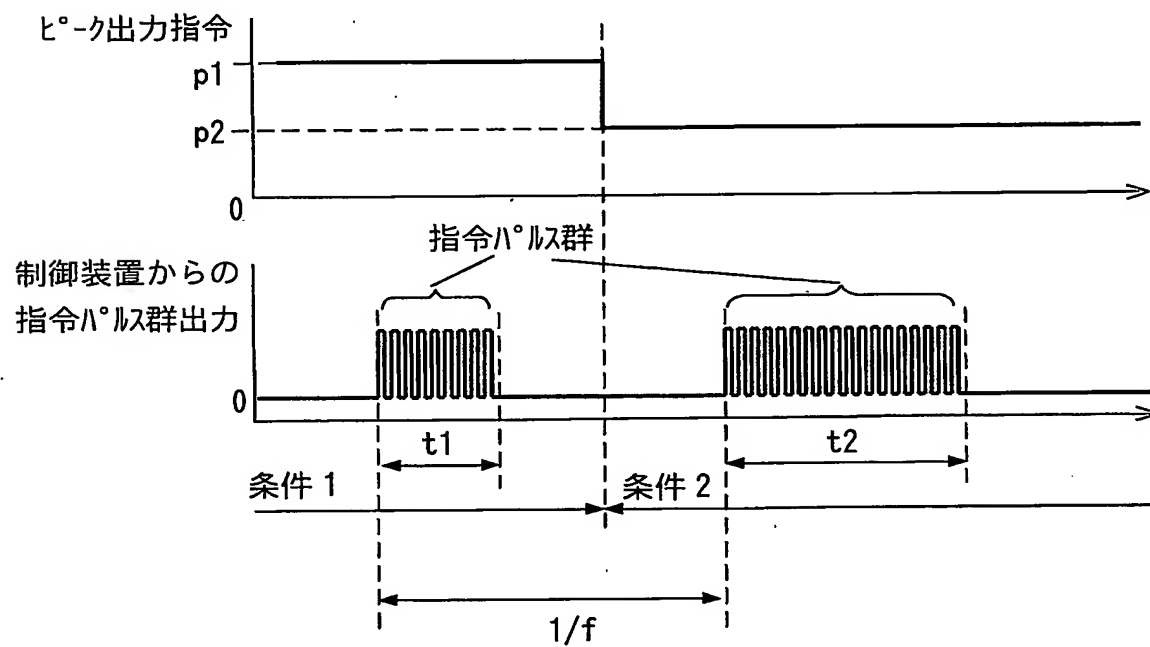
第10図



第 11 図

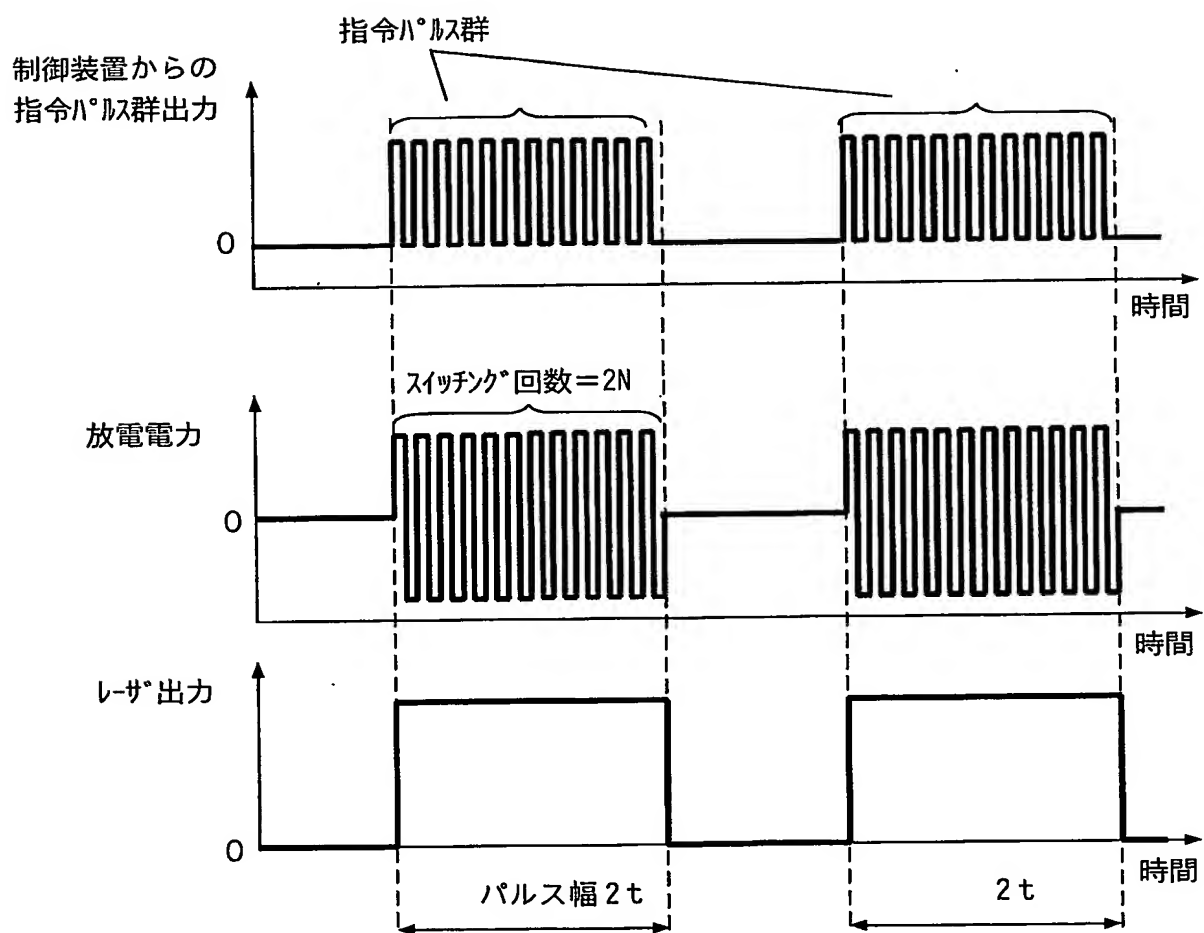
制御パラメータ設定例

	ピーク出力	繰り返しパルス周波数	パルス幅
条件 1	p1	f	t1
条件 2	p2	f	t2



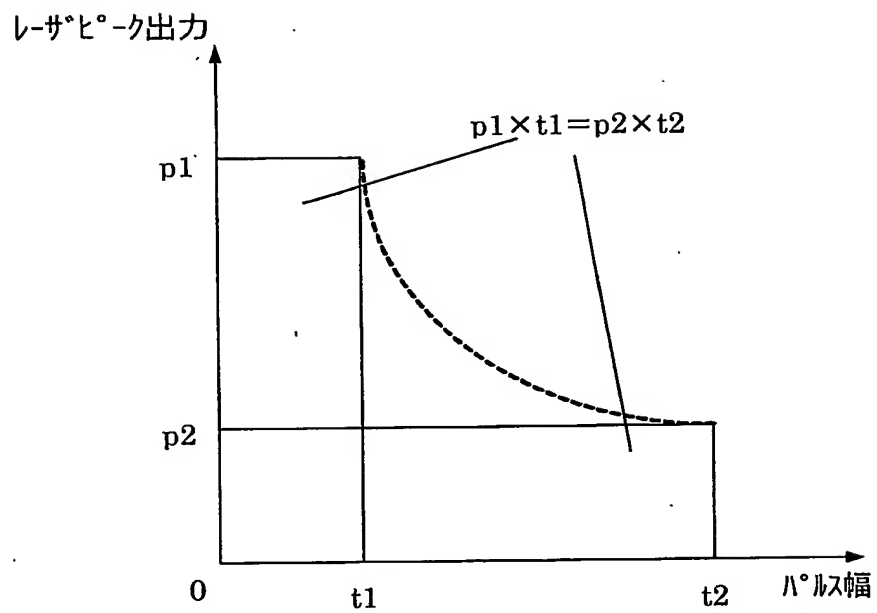
12/13

第12図



13 / 13

第13図



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No.
PCT/JP03/07574

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
Int.Cl.⁷ H01S3/104, H01S3/097, B23K26/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
Int.Cl.⁷ H01S3/00-3/30, B23K26/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2003 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 57-186378 A (Mitsubishi Electric Corp.), 16 November, 1982 (16.11.82), Full text; all drawings (Family: none)	1-5
E, X	JP 2003-243749 A (Mitsubishi Electric Corp.), 29 August, 2003 (29.08.03), Abstract; drawings (Family: none)	1-5

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier document but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
04 September, 2003 (04.09.03)

Date of mailing of the international search report
24 September, 2003 (24.09.03)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S3/104, H01S3/097, B23K26/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl⁷ H01S3/00-3/30, B23K26/00

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公案 1922-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2003年
 日本国登録実用新案公報 1994-2003年
 日本国実用新案登録公報 1996-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 57-186378 A (三菱電機株式会社) 1982. 11. 16, 全文, 全図 (ファミリーなし)	1-5
E, X	JP 2003-243749 A (三菱電機株式会社) 2003. 8. 29, 要約, 図面 (ファミリーなし)	1-5

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献
 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
 「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

04. 09. 03

国際調査報告の発送日

24.09.03

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 郵便番号100-8915
 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

土屋 知久

2K

3013

電話番号 03-3581-1101 内線 3253